

Cahier des charges

Projet recherche et développement

Casque de guidage aéroportuaire

Abdallah AIDARA

Kamel SEMMAR

Systèmes Réseaux et Télécoms 5

Sommaire

I. Introduction	2
II. Description du Projet	2
III. Spécifications Techniques	3
1) Composants matériels	3
2) Composants logiciels	4
IV. Étude Bibliographique	5
V. Développement de l'Application	6
VI. Prototype Fonctionnel	7
1. Les étapes de développement du Prototype	8
2. Validation du Prototype	8
VII. Livrables	9
VIII. Planning et Délais	10
IX. Annexes	10

I. Introduction

Les voyageurs, qu'ils soient occasionnels ou fréquents, rencontrent souvent des difficultés pour s'orienter dans les aéroports, en particulier dans les grands complexes où la signalisation peut être déroutante et les langues variées. Les solutions actuelles, telles que les applications mobiles et les bornes interactives, bien qu'utiles, nécessitent souvent une interaction manuelle et une connexion constante à Internet, ce qui peut nuire à leur efficacité.

Dans ce contexte, il est crucial de développer une solution intuitive et automatisée pour aider les voyageurs à se repérer facilement et rapidement dans les aéroports.

II. Description du Projet

Ce projet de recherche et développement vise à explorer et combiner différentes technologies innovantes pour créer une solution complète de guidage et d'informations en temps réel.

L'objectif principal est de concevoir un casque sans fil intelligent, équipé de technologies avancées, pour améliorer l'expérience des voyageurs dans les aéroports. Ce casque doit permettre :

- Une localisation précise et en temps réel : Grâce à l'intégration de caméras et de balises BLE.
- Une guidance audio personnalisée : Avec des instructions vocales transmises via des écouteurs.
- Une interaction vocale intuitive : Permettant aux utilisateurs d'interagir avec l'assistant vocal.

Le projet vise à fournir un prototype fonctionnel du casque, accompagné d'un rapport détaillant les choix technologiques et les méthodes utilisées.

Scénario Utilisateur :

Quand un utilisateur prend un casque, et le met sur sa tête, il lui est demandé de regarder la forme "START" jusqu'à que l'assistant vocal réagit. Une fois que l'assistant vocal réagit, le programme est lancé, et demande à l'utilisateur le numéro de son vol. Le programme va ensuite confirmer la compagnie, la destination et l'heure de départ avec l'utilisateur. Puis, l'assistant vocal va guider l'utilisateur jusqu'au point d'arrivée, en donnant des indications audio si l'utilisateur se trompe de chemin, grâce aux balises BLE. Finalement, une fois bien arrivé, le programme se termine et se relance immédiatement, attendant de voir par la caméra la forme "START". Également la caméra embarquée capte

des points de repère visuels, qui sont traités et sur la base de ces informations, le casque délivre des instructions audio personnalisées pour guider les voyageurs vers les comptoirs d'enregistrement et les portes d'embarquement, offrant ainsi une navigation fluide et optimale sans nécessiter de connexion internet ou de demander de l'aide. Le casque est ensuite déposé à une borne d'arrivée pour qu'un membre de l'équipe de l'aéroport aille le remettre en borne de départ et rebranche la batterie.

III. Spécifications Techniques

1) Composants matériels

- ❖ Raspberry Pi
 - Fonctionnement sur batterie obligatoire. Prévoir une longue autonomie et un système de recharge facile (en mobilisant le moins de ressources humaines possible.)
 - Assemblage Pi+caméra+batterie solide sur le casque.
- ❖ Casque Sans Fil
 - Forme ergonomique et légère pour un confort optimal durant l'utilisation.
 - Utilisation de casque filaire (jack 3.5mm) branché sur le Raspberry Pi pour éviter la contrainte d'un casque sur batterie, qu'il faudra charger.
 - Qualité sonore adéquate pour des instructions claires et audibles.
 - Réduction de bruit active pour une écoute sans distraction dans l'environnement bruyant de l'aéroport.
- ❖ Caméra
 - Résolution adéquate et taille minimale.
 - Champ de vision large pour maximiser la reconnaissance des points de repère.
 - Capacité de transmission des flux vidéo en temps réel pour le traitement immédiat.
- ❖ Microphone
 - Sensibilité adéquate pour capter clairement les commandes vocales de l'utilisateur.
 - Technologie de suppression de bruit pour une reconnaissance vocale précise. (facultative)
- ❖ Balises Bluetooth Low Energy (BLE)
 - Balises réparties à intervalles réguliers dans l'aéroport pour une localisation précise.
 - Durée de vie de la pile longue et maintenance minimale.
 - Compatibilité avec le protocole standard BLE pour une intégration aisée.

2) Composants logiciels

- ❖ Algorithmes de Reconnaissance Visuelle
 - Traitement en temps réel des flux vidéo pour identifier les points de repère visuels.
 - Algorithmes d'intelligence artificielle capables de s'adapter et d'apprendre à partir de données prédéfinies.
 - Capacités de détection et reconnaissance robustes même en conditions de faible luminosité ou de forte affluence.
- ❖ Système de Localisation BLE
 - Utilisation de signaux des balises BLE pour trianguler la position en temps réel.
 - Algorithmes d'optimisation pour réduire les erreurs de localisation et fournir des données précises.
- ❖ Environnement de développement
 - Prévoir environnement Python + librairies adéquates pour mettre en œuvre le projet.
 - Base de données : Pour le prototypage nous construirons une base de données MariaDB afin de pouvoir tester le bon fonctionnement du casque.
- ❖ Assistant Vocal
 - Moteur de reconnaissance vocale performant pour interpréter et répondre aux commandes vocales de l'utilisateur.
 - Capacité de répondre aux questions fréquentes (horaires de vol, services de l'aéroport, etc.).
- ❖ Intégration IoT
 - Compatibilité avec les infrastructures IoT standards pour la collecte et l'analyse de données en temps réel.
 - Capacité de communication bidirectionnelle pour transmettre et recevoir des informations à partir de l'infrastructure aéroportuaire.

Spécifications sur la Technologie BLE

Bluetooth Low Energy (BLE) est une norme de communication sans fil conçue pour permettre des échanges de données sur de courtes distances tout en consommant très peu d'énergie. Contrairement au Bluetooth classique, BLE est optimisé pour des applications nécessitant une connexion continue avec un faible taux de transfert de données, ce qui le rend idéal pour des dispositifs portables comme le casque intelligent.

Avantages du BLE :

- Faible consommation énergétique : Permet d'allonger la durée de vie de la batterie du casque, crucial pour une utilisation longue durée.

- Localisation précise : Les balises BLE réparties dans l'aéroport permettent de trianguler la position du casque avec une grande précision, offrant une navigation en temps réel efficace.
- Portée Adaptée : La portée du BLE, qui peut aller jusqu'à 50 mètres à l'intérieur, est idéale pour un environnement aéroportuaire densément peuplé.

Par l'intégration de la technologie BLE, le casque pourra offrir un service de localisation précis et fiable, améliorant ainsi considérablement l'expérience utilisateur en termes de navigation et de guidance dans les grands aéroports.

IV. Étude Bibliographique

L'étude bibliographique vise à passer en revue et analyser les technologies existantes et les recherches actuelles liées aux composants principaux du projet.

Le Raspberry Pi 4 est un micro-ordinateur performant et polyvalent qui est largement utilisé dans des projets de prototypage et des applications IoT. Ce modèle est équipé d'un processeur ARM Cortex-A72 quad-core, de 1 à 8 Go de RAM, et offre des options de connectivité étendues, y compris l'Ethernet, le Wi-Fi et le Bluetooth. Grâce à ses ports USB 3.0 et à sa capacité d'afficher des vidéos en 4K, le Raspberry Pi 4 est particulièrement adapté aux applications nécessitant une puissance de calcul modérée et une interface multimédia.

La caméra du Raspberry Pi est un accessoire essentiel pour les projets de vision par ordinateur et de reconnaissance visuelle. Disponible en plusieurs versions, notamment la Raspberry Pi Camera Module v2 et la High Quality Camera, elle offre une haute résolution (jusqu'à 12 mégapixels) et une compatibilité parfaite avec le Raspberry Pi. Ces caméras sont capables de capturer des vidéos en Full HD à 1080p, avec des options de réglage de l'exposition, de la balance des blancs, et d'autres paramètres d'image, permettant une capture précise et claire dans diverses conditions de luminosité.

Analyse des technologies de reconnaissance vocale et des [moteurs de traitement du langage naturel](#) (NLP).

Revue des frameworks et services disponibles comme [Google Assistant](#), [Amazon Alexa](#), et [open-source alternatives comme Mycroft](#).

Analyse des algorithmes de reconnaissance des objets tels que les [Convolutional Neural Networks](#) (CNN) et les [Recurrent Neural Networks](#) (RNN).

Études de cas sur l'utilisation de la reconnaissance visuelle dans des environnements complexes, y compris les aéroports.

Locating Devices Indoors Using Bluetooth Low Energy Beacons (Faragher & Harle, 2015) : Cette étude démontre l'efficacité de l'utilisation des balises BLE pour localiser

des appareils dans des espaces fermés avec une précision acceptable. Elle examine l'impact des interférences sur la précision et propose des algorithmes pour minimiser les erreurs de localisation. Cela conforte l'idée que les balises BLE peuvent servir de base fiable pour un système de navigation en intérieur dans un environnement comme un aéroport.

V. Développement de l'Application

L'architecture du système sera divisée en deux principaux programmes, chacun ayant un rôle spécifique dans le fonctionnement global du casque intelligent. Ces programmes seront développés en Python, s'exécutent sur un Raspberry Pi 4, et fonctionnent constamment pour fournir une expérience utilisateur fluide.

Programme 1 : Détection des Balises BLE

Ce premier programme est responsable de la détection continue des balises Bluetooth Low Energy (BLE) dans l'aéroport. Il fonctionnera en permanence en arrière-plan dès le démarrage du Raspberry Pi (autostart au démarrage). Sa mission principale est de scanner l'environnement à la recherche des balises BLE, de déterminer leur puissance de signal, et d'enregistrer ces informations dans un fichier JSON qui sera utilisé par le deuxième programme.

Fonctionnalités :

- **Détection des balises BLE** : Utilisation d'une librairie pour interagir avec les périphériques BLE autour du Raspberry Pi.
- **Mesure de la puissance du signal** : Le programme analysera le RSSI (Received Signal Strength Indicator) des balises BLE détectées pour estimer la position.
- **Écriture des données dans un fichier JSON** : Toutes les données des balises BLE (nom, puissance...) seront enregistrées dans un fichier JSON, qui sera mis à jour en temps réel.

Exécution : Le programme sera configuré pour se lancer automatiquement lors du démarrage du Raspberry Pi, grâce à un service `systemd`, garantissant ainsi une détection continue des balises BLE sans intervention manuelle.

Programme 2 : Assistance Vocale et Reconnaissance de Formes

Ce deuxième programme sera l'interface principale pour l'utilisateur. Il sera responsable de :

1. **Interagir avec l'utilisateur via des commandes vocales.**

2. **Fournir des directions basées sur la position de l'utilisateur, calculée en analysant les données JSON du programme 1.**
3. **Effectuer une reconnaissance de formes pour déclencher certains événements, comme le démarrage du processus via la détection de la forme "START".**

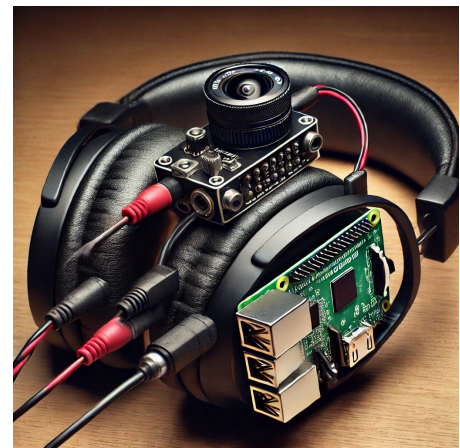
Fonctionnalités :

- **Analyse des données JSON des balises BLE :** Le programme lira les données du fichier JSON et utilisera un algorithme de triangulation simple pour estimer la position actuelle de l'utilisateur dans l'aéroport.
- **Reconnaissance de formes avec OpenCV :** Utilisation de la caméra du Raspberry Pi pour reconnaître visuellement certains éléments déclencheurs dans l'environnement (par exemple, la forme "START").
- **Interaction vocale :** Le programme utilisera une librairie de reconnaissance vocale pour obtenir des informations de l'utilisateur (comme le numéro de vol) et fournir des instructions vocales en fonction de la position estimée. Puis ces informations seront comparées dans la base de données MariaDB contenant tous les prochains vols de l'aéroport.
- **Gestion de la navigation :** En fonction de la localisation estimée, le programme guidera l'utilisateur vers sa destination en lui donnant des instructions vocales en temps réel, et le corrigera s'il dévie du chemin prévu.

Exécution : Ce programme se lance après l'initialisation du premier programme, et comporte deux boucles while : une qui attend que le programme détecte la forme "START" et une qui attend la fin de l'exécution.

VI. Prototype Fonctionnel

Il faudra tester et valider les concepts et technologies développés dans le cadre du projet. Le prototype permettra de démontrer la faisabilité technique et la facilité d'utilisation du casque intelligent dans un environnement de test (qui représentera l'aéroport). Cela permettra d'identifier les éventuelles améliorations nécessaires avant la mise en production et le déploiement à grande échelle.



1. Les étapes de développement du Prototype

Assemblage des Composants Matériels

- Intégration physique des différents modules (caméra, écouteurs, microphone, antenne BLE) dans le casque.
- Tests de connectivité et de fonctionnement de chaque composant.
- Développement et Intégration des Composants Logiciels

Programmation des Scénarios Utilisateurs

- Codage des programme en s'aidant des scénarios d'utilisation
- Tests des interactions utilisateur pour garantir une expérience fluide et intuitive.
- Tests en Environnement Contrôlé
- Identification des bugs et optimisation des algorithmes et de l'interface utilisateur.

Présentation en Conditions Réelles

- Mise en place du prototype dans une zone active.
- Suivi des performances du système et recueil des retours des utilisateurs.
- Ajustements et améliorations basés sur les observations et les retours d'expérience.

2. Validation du Prototype

La validation du prototype fonctionnel se fera sur plusieurs critères : précision de la localisation, qualité des instructions vocales, facilité d'utilisation, autonomie de la batterie, robustesse et Fiabilité etc.

Le prototype servira de base pour les itérations suivantes de développement, jusqu'à l'obtention d'une version entièrement fonctionnelle et prête à être déployée dans les aéroports.

VII. Livrables

Le projet de R&D sera évalué à travers plusieurs livrables répartis en deux phases principales, correspondant à des évaluations clés en S9 et S10.

Évaluation Projet R&D 1 (6 février) :

- **Rapport intermédiaire** : Un rapport détaillant l'avancement du projet, incluant les étapes réalisées, les technologies explorées, et les résultats obtenus jusqu'à la fin

du S9. Le contenu du rapport sera à valider en collaboration avec l'encadrant du projet (M. EL ZOGHBI).

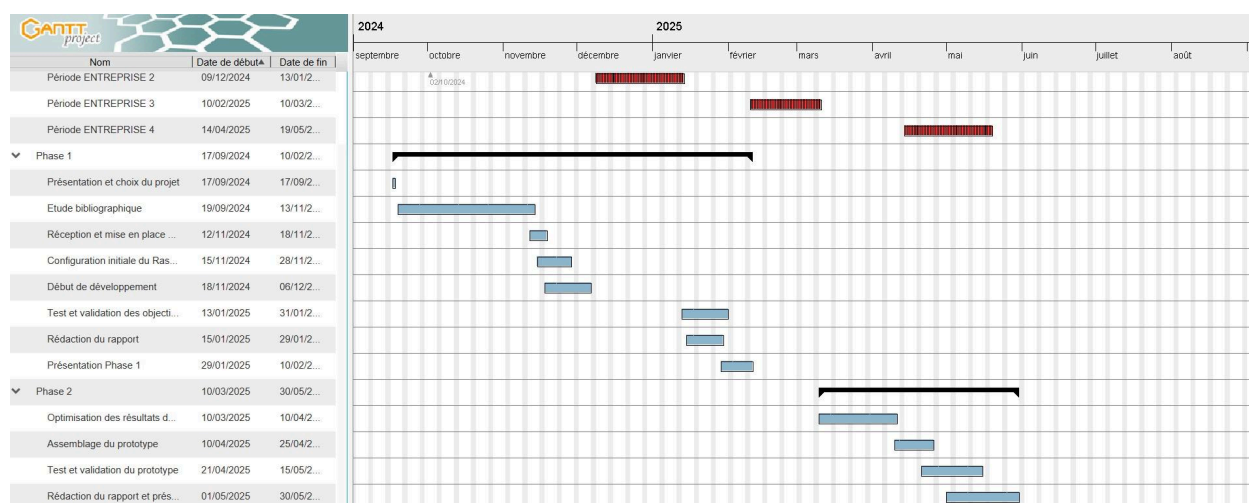
- **Soutenance intermédiaire** : Une présentation orale de l'état d'avancement du projet sera organisée pour discuter des progrès techniques, des défis rencontrés, et des prochaines étapes prévues. Cette soutenance marque la première évaluation du projet au terme du S9.

Évaluation Projet R&D 2 (fin mai) :

- **Rapport final** : Un rapport complet documentant l'ensemble du projet, des concepts théoriques aux résultats pratiques. Ce rapport inclura une analyse détaillée des choix technologiques, des algorithmes utilisés, ainsi qu'une évaluation du prototype final.
- **Soutenance finale** : La soutenance finale aura lieu à la fin du S10, où le prototype fonctionnel sera présenté. Cette présentation servira à démontrer le produit final, incluant la navigation en temps réel avec le casque intelligent, les résultats des tests effectués, et les perspectives d'amélioration.

VIII. Planning et Délais

Le planning devra tenir sur les cinq périodes d'école divisées en semestre universitaire. Le projet pourra comporter deux phases, une pour chaque semestre avec des objectifs prédéfinis et à atteindre.



IX. Annexes

★ Glossaire

BLE : Bluetooth Low Energy, une norme de communication sans fil optimisée pour les applications nécessitant une faible consommation d'énergie.

CNN : Convolutional Neural Network, un type de réseau de neurones artificiels utilisé principalement dans le traitement et la reconnaissance d'images.

IoT : Internet of Things, une interconnexion via Internet entre des dispositifs intégrant des logiciels et connectivité pour collecter et échanger des données.

RSSI : Received Signal Strength Indicator, une mesure de la puissance du signal reçu d'un appareil sans fil.

★ Références Documentaires

Papers et articles sur la localisation indoor en utilisant BLE.

Recherches sur les algorithmes de reconnaissance visuelle et leur implémentation.

Études de cas sur l'utilisation d'assistants vocaux pour la navigation en temps réel.

Documentation des frameworks utilisés (OpenCV, TensorFlow, etc.).

★ Documents Techniques

Schémas d'assemblage du casque.

Diagrammes de flux des données et de traitement.

Spécifications détaillées des algorithmes implémentés.

★ Contacts des Responsables

Responsable Principal : Mohamad EL ZOGBHI

Email: mohamad.elzoghbi@univ-nantes.fr

Responsable du projet : Abdallah AIDARA - Kamel SEMAR

Email: abdallah.aidara@etu.univ-nantes.fr - kamel.semar@etu.univ-nantes.fr